

Połączone korelacje elektronowe, nadprzewodnictwo i fluktuacje kwantowe: teoria z ilościową interpretacją eksperymentu

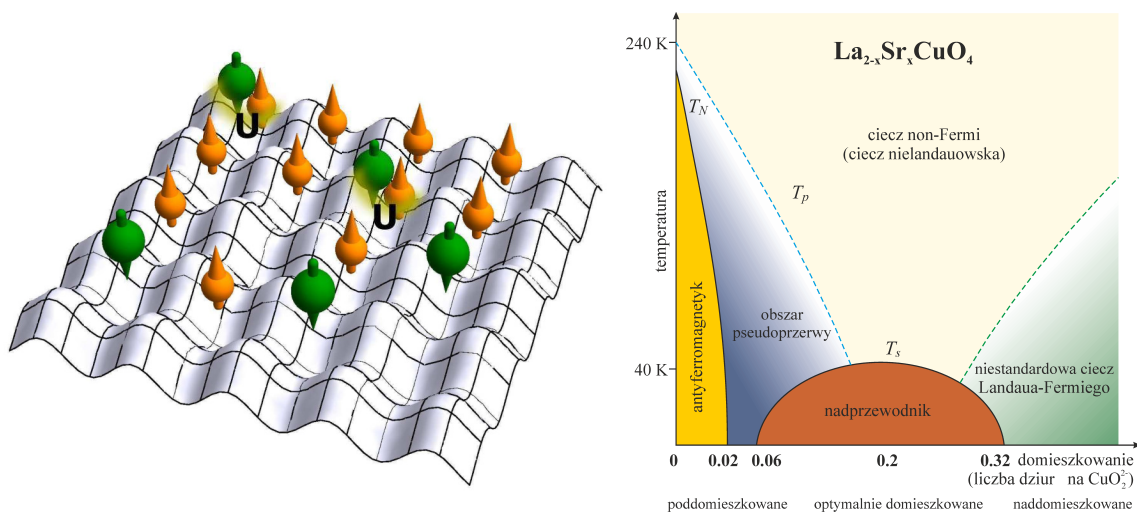
Elektrony w układach wieloatomowych, np. w ciałach stałych, prowadzą do ich stanów jako izolatorów, półprzewodników lub metali. Ten standardowy podział załamuje się z odkryciem izolatorów, a zwłaszcza *metali Motta*, w których obserwuje się skokowe przejścia fazowe między tymi stanami. Czynnikiem powodującym te przejścia może być ciśnienie zewnętrzne, czy też stosunkowo nieznaczną zmianę składu chemicznego (stechiometria) układu wyjściowego. Taka sytuacja zachodzi np. dla nadprzewodników wysokotemperaturowych. W przypadku tzw. ciężkich elektronów układ zlokalizowanych cząstek metalizuje się, tj. stają się one wędrowne wskutek obecności innych elektronów (przewodnictwa).

Podstawowym pytaniem jest co mikroskopowo te przejścia. Interesującym nas czynnikiem w tym projekcie są wzajemne proporcje pomiędzy oddziaływaniem międzyelektronowym (odpychanie kulombowskie) a energią kinetyczną. A mianowicie, jeśli oddziaływanie odpychające dominuje nad ich średnią (czy nawet maksymalną) energią kinetyczną (pasmową), to elektrony lokalizują się na macierzystych atomach tworzących ten układ wieloatomowy. To jest istotą *przejścia Motta*.

Eksperymentalnie okazało się, że gdy taki stan izolatora Motta miał nieobsadzone elektronami niektóre atomy (są wtedy jonami), to pozostałe elektrony mogą się poruszać po tych jonach („dziurach”) i stan izolatora staje się stanem *metal Motta* omijających się wzajemnie elektronów w sposób *skorelowany*. Najbardziej zadziwiającą cechą takich poruszających się elektronów po tych „dziurach” jest to, że mogą one utworzyć w stan *nadprzewodnictwa*, czyli przewodzić prąd bezoporowo. Ten stan wyłania się ze stanu izolatora magnetycznego pod wpływem domieszkowania! To pierwsza zagadka do rozwiązania.

Fundamentalnym pytaniem jest jak opisać tę ewolucję od izolatora do nadprzewodnika, jak się okazuje, wysokotemperaturowego (poniżej temperatury ~ 100 K). Autor tego projektu był oryginalnym pomysłodawcą opisu teoretycznego tej ewolucji, a pod wpływem idei jakościowych P. W. Andersona (1896), sformułował matematycznie ścisły opis parowania w modelu *t-J*. Zasadniczym problemem pozostaje jednak sformułowanie i przetestowanie *ilościowego* opisu konkretnych własności fizycznych w ramach tego modelu. Tego dotyczą nasze prace z ostatnich 5 lat. W projekcie chcemy przede wszystkim skoncentrować się na specyficznych procesach kolektywnych (kwantowych wzbudzeniach spinowych i ładunkowych) określających specyficzne własności wysokotemperaturowych nadprzewodników i podobnych układów. Te specyficzne wzbudzenia mogą prowadzić do wystąpienia tzw. pseudoprzerwy czy też ewolucji topologii powierzchni Fermiego czy specyficznej zmiany czasu życia tych nośników prądu wraz z domieszkowaniem. To druga zagadka.

Nasza nowa metoda podejścia sformułowana w 2020 r. i jej pierwsze sukcesy w opisie wzbudzeń kolektywnych (paramagnonów i plazmonów) niesie ze sobą perspektywę ilościowej odpowiedzi na przynajmniej niektóre z tych głębokich problemów w tych fascynujących materiałach kwantowych. Na rysunku 1 przedstawiono pojedynczą płaszczyznę miedziowo-tlenową z elektronami poruszającymi się po niej (lewa strona) i zaznaczonym silnym oddziaływaniem odpychającym (U), które indukuje ich ruch skorelowany. Prawa strona: schematyczny diagram fazowy zawierający główne stany nadprzewodnika wysokotemperaturowego.



Rysunek 1. Lewa strona: schemat płaszczyzny miedziowo-tlenowej. **Prawa strona:** schematyczny diagram fazowy nadprzewodnika wysokotemperaturowego.